

Є. Л. Михалюк<sup>1</sup>, М. В. Діденко<sup>2</sup>, С. М. Малахова<sup>1</sup>

## Вплив цілорічних тренувань на стан серцево-судинної, автономної нервової системи та фізичної працездатності у жінок-бігунів на 400 метрів

<sup>1</sup>Запорізький державний медичний університет,

<sup>2</sup>Донецький обласний лікарсько-фізкультурний диспансер, м. Бахмут

**Ключові слова:** жінки-бігунки на дистанції 400 м, варіабельність серцевого ритму, центральна гемодинаміка, фізична працездатність.

**Мета роботи** – визначення та порівняння показників варіабельності серцевого ритму, центральної гемодинаміки та фізичної працездатності у жінок-бігунів на дистанції 400 метрів від III розряду до майстрів спорту міжнародного класу (МСМК) у річному циклі тренувального процесу.

**Матеріали та методи.** Обстежені 22 легкоатлетки, жінки-бігунки на дистанції 400 м віком від 14 до 27 років (середній вік –  $16,8 \pm 0,67$  року), стаж занять бігом від 2 до 13 років (середній стаж –  $4,4 \pm 0,68$  року) у підготовчому та змагальному періодах. Довжина й маса тіла спортсменок становили  $167,9 \pm 0,91$  см і  $52,5 \pm 0,98$  кг відповідно. Для аналізу вегетативної регуляції серцевої діяльності використали математичні методи аналізу ВСР. Аналіз та оцінювання періодичних компонентів серцевого ритму здійснювали шляхом дослідження спектральних показників автокореляційних функцій. Фізичну працездатність визначали за загальноприйнятою методикою на велоергометрі.

**Встановили.** У змагальному періоді у жінок-бігунів на 400 м ( $n=22$ ) відбулося деяке посилення парасимпатичної ланки автономної нервової системи (АНС), трансформація еукінетичного типу кровообігу (ТК) в гіпокінетичний і відсутність із гіперкінетичним ТК, вірогідне збільшення величини відносної фізичної працездатності ( $PWC_{170/кг}$ ) на 15,25% та індексу функціонального стану (ІФС) на 12,98% у порівнянні з підготовчим періодом.

У спортсменок високого класу ( $n=12$ ) і кваліфікації II–III розрядів ( $n=10$ ) у змагальному періоді спостерігали посилення парасимпатичних впливів АНС, трансформацію еукінетичного ТК в гіпокінетичний та відсутність з гіперкінетичним ТК. У спортсменок високого класу відбулося вірогідне збільшення  $PWC_{170/кг}$  на 12,33% і тенденція до збільшення ІФС на 9,46%, у спортсменок кваліфікації II–III розрядів вірогідно збільшилися величина  $PWC_{170/кг}$  на 19,26% і ІФС на 17,87%. Кореляційний аналіз, що здійснений в обох періодах у групі та окремо у спортсменок високого класу й II–III розрядів, виявив взаємозв'язок, котрий свідчить про те, що збільшення  $PWC_{170/кг}$  та ІФС асоціюється з переважанням гіпокінетичного ТК й парасимпатичних впливів АНС.

У змагальному періоді у спортсменок відбулися сприятливі зміни з боку функціонального стану та технічних результатів, що дало змогу деяким легкоатлеткам підвищити свою спортивну кваліфікацію.

## Влияние круглогодичных тренировок на состояние сердечно-сосудистой, автономной нервной системы и физической работоспособности у бегуний на 400 метров

Е. Л. Михалюк, М. В. Диденко, С. Н. Малахова

**Цель работы** – определение и сравнение показателей вариабельности сердечного ритма, центральной гемодинамики и физической работоспособности у бегуний на дистанции 400 метров от III разряда до мастеров спорта международного класса (МСМК) в годовом цикле тренировочного процесса.

**Материалы и методы.** Обследовали 22 легкоатлетки, бегунии на дистанции 400 м в возрасте от 14 до 27 лет (средний возраст –  $16,8 \pm 0,67$  года), стаж занятий бегом – от 2 до 13 лет (средний стаж –  $4,4 \pm 0,68$  года) в подготовительном и соревновательном периодах. Длина и масса тела спортсменок составляли  $167,9 \pm 0,91$  см и  $52,5 \pm 0,98$  кг соответственно. Для анализа вегетативной регуляции сердечной деятельности использовали математические методы анализа ВСР. Анализ и оценка периодических компонентов сердечного ритма проводились путём исследования спектральных показателей автокорреляционных функций. Определение физической работоспособности осуществляли по общепринятой методике на велоэргометре.

**Установлено.** В соревновательном периоде у бегуний на 400 м ( $n=22$ ) произошло некоторое усиление парасимпатического звена автономной нервной системы (АНС), трансформация эукинетического типа кровообращения (ТК) в гипокINETический и отсутствие с гиперкинетическим ТК, достоверное увеличение относительной величины физической работоспособности ( $PWC_{170/кг}$ ) на 15,25% и индекса функционального состояния (ИФС) на 12,98% по сравнению с подготовительным периодом.

У спортсменок высокого класса ( $n=12$ ) и квалификации II–III разрядов ( $n=10$ ) в соревновательном периоде наблюдалось усиление парасимпатических влияний АНС, трансформация эукинетического ТК в гипокINETический и отсутствие с гиперкинетическим ТК. У спортсменок высокого класса произошло достоверное увеличение  $PWC_{170/кг}$  на 12,33% и тенденция к увеличению ИФС на 9,46%, у спортсменок квалификации II–III разрядов достоверно увеличились величина  $PWC_{170/кг}$  на 19,26%, и ИФС на 17,87%. Корреляционный анализ, проведённый в обоих периодах в группе и в отдельности у спортсменок высокого класса и II–III разрядов, обнаружил взаимосвязь, свидетельствующую о том, что увеличение  $PWC_{170/кг}$  и ИФС ассоциируется с превалированием гипокINETического ТК и парасимпатических влияний АНС.

В соревновательном периоде у спортсменок произошли благоприятные изменения со стороны функционального состояния и технических результатов, что позволило некоторым бегуньям повысить свою спортивную кваліфікацію.

**Ключевые слова:** бегунии на дистанции 400 м, вариабельность сердечного ритма, центральная гемодинамика, физическая работоспособность.

**Патология.** – 2016. – №1 (36). – С. 54–60

## **Influence of yearlong training on the state of cardiovascular, autonomic nervous system and physical performance in female 400 meters runners**

*Ye. L. Mikhalyuk, M. V. Didenko, S. N. Malakhova*

**Aim** of the research – identification and comparison of heart rate variability, central hemodynamics and physical performance in 400 meters runners from the III category to masters of sports of international class (MSIC) in the annual cycle of the training process.

**Materials and methods.** The study included 22 female athletes, 400 meters runners between the ages of 14 and 27 years (mean age –  $16.8 \pm 0.67$  years), running experience – from 2 to 13 years (average –  $4.4 \pm 0.68$  years) in the preparatory and competitive periods. Body length and weight of athletes were  $167.9 \pm 0.91$  cm and  $52.5 \pm 0.98$  kg, respectively. For the analysis of the autonomic regulation of cardiac activity mathematical methods of HRV analysis were used. Analysis and evaluation of periodic components of heart rate were carried out by means of the research of spectral parameters of autocorrelation functions. Determination of physical performance was carried out under the practical standard on the cycle ergometer.

It was established that in high class sportswomen ( $n=12$ ) and ones with qualifications of the II–III category ( $n=10$ ) in the competitive period there were strengthening of parasympathetic effects of ANS, transformation of eukinetic circulation type (CT) into hypokinetic CT and absence of sportswomen with hyperkinetic CT. In high class sportswomen there were significant increase of the relative value of physical working capacity ( $PWC_{170/kg}$ ) by 12.33% and tendency to increase of index of functional state (IFS) by 9.46%, in sportswomen with qualifications of II–III category  $PWC_{170/kg}$  significantly increased by 19.26%, and IFS by 17.87%. Correlation analysis conducted in both periods in the group and separately in high class sportswomen and ones with qualifications of II–III category found the relationship indicating that the increase of  $PWC_{170/kg}$  and IFS is associated with the prevalence of hypokinetic CT and parasympathetic ANS influences.

In the competitive period there were favorable changes in the functional state and the technical results of sportswomen, allowing some runners to improve their athletic qualification.

**Key words:** *Women Runners On 400 m, Heart Rate Variability, Central Hemodynamics, Physical Performance.*

*Pathologia. 2016; №1 (36): 54–60*

Відомо, що під час бігу на середні дистанції здійснюється циклічна робота субмаксимальної потужності з переважним розвитком швидкості та витривалості, саме таке співвідношення фізичних якостей має певну складність для тренера й лікаря під час здійснення багаторічного тренувального процесу.

Основними факторами, що обмежують швидкість бігу на дистанції 400 м і сприяють розвитку втоми, є не лише обмежена ємність креатинфосфокіназного механізму, але й значне накопичення молочної кислоти у працюючих м'язах із розвитком тканинного ацидозу, тому збільшення у процесі тренування частки аеробного ресинтезу АТФ унаслідок окислення вуглеводів можна розглядати як перспективний шлях підвищення витривалості бігунів, які спеціалізуються на цій дистанції [3].

Факторний аналіз, котрий здійснили на підставі змагальної діяльності, показав, що у кваліфікованих бігунів на дистанції 400–800 метрів провідними факторами в 48% є насамперед показники спеціальної витривалості та швидкісної підготовленості [11]. Пряма або непряма залежність спортивного результату від аеробного та анаеробного метаболізму, а також максимальних енергетичних можливостей є характерною для більшості видів спорту [6]. Отже, тестування максимальної анаеробної та аеробної потужності під час оцінювання функціональних можливостей організму та спеціальної тренуваності спортсмена є основним [6]. При цьому визначення величини максимального споживання кисню як основного загальноприйнятого критерію оцінювання продуктивності кардіореспіраторної системи та аеробної потужності застосовують для оцінювання рівня фізичних можливостей спортсменів. Зокрема, в бігунів на середні дистанції, котрі вимагають максимальної мобілізації анаеробних гліколітичних механізмів енергозабезпечення,

відзначається середній рівень фізіологічної реактивності під час виконання стандартних тестових навантажень аеробного характеру [5].

Фізична працездатність є інтегральним показником функціонального стану організму, важливим показником ефективності спортивного тренування. Працездатність на різних етапах і періодах спортивного тренування стала об'єктом пильної уваги дослідників [2,7,12], тому є справедливим інтерес до величин цього показника у жінок-бігунів на дистанції 400 метрів.

Внутрішньорічна динаміка функціонального стану організму спортсменів, при котрій найбільш виражені зрушення визначаються в період змагань із поверненням їх до стандартів у перехідному періоді, коли спортсмен практично не тренується, є важливою спортивно-медичною особливістю [4]. Такого роду динаміки практично немає в осіб, які не займаються спортом. Саме тому викликає певний інтерес вивчення інтегральних показників функціонального стану одного й того самого контингенту спортсменів у річному циклі тренувального процесу [8].

Питання впливу показників автономної нервової системи на центральну гемодинаміку й фізичну працездатність жінок-бігунів на дистанції 400 метрів у річному циклі тренувального процесу від підготовчого до змагального періоду недостатньо висвітлене у спортивно-медичній літературі.

### **Мета роботи**

Визначення й порівняння показників варіабельності серцевого ритму, центральної гемодинаміки та фізичної працездатності у жінок-бігунів на дистанції 400 метрів від III розряду до майстрів спорту міжнародного класу (МСМК) у річному циклі тренувального процесу.

### Матеріали і методи дослідження

Обстежили 22 легкоатлетки, жінок-бігунів на дистанції 400 м віком від 14 до 27 років (середній вік –  $16,8 \pm 0,67$  року), стаж занять бігом – від 2 до 13 років (середній стаж –  $4,4 \pm 0,68$  року) в підготовчому та змагальному періодах. Довжина й маса тіла спортсменок становили  $167,9 \pm 0,91$  см і  $52,5 \pm 0,98$  кг відповідно.

Дослідження варіабельності серцевого ритму (ВСР) і центральної гемодинаміки виконували на діагностичному автоматизованому комплексі «Кардіо+» із можливостями автоматичного аналізу ВСР і центральної гемодинаміки. Для аналізу вегетативної регуляції серцевої діяльності застосовували математичні методи аналізу ВСР [1]. У дослідженні використовувалися параметри серцевого ритму, котрі рекомендовані робочою групою Європейського кардіологічного товариства і Північноамериканським товариством стимуляції та електрофізіології. Реєстрація й опрацювання кардіоінтервалів дали можливість визначити низку статистичних характеристик ВСР: моду ( $M_0$ , с), амплітуду моди ( $AM_0$ , %), варіаційний розмах ( $D$ , с). Крім того, обчислювали ряд вторинних показників:  $AM_0/D$ , %/с, ВПР,  $1/c^2$ , ПАПР, %/с, ІН, у. о. [1]. Аналіз та оцінювання періодичних компонентів серцевого ритму здійснювали шляхом дослідження спектральних показників автокореляційних функцій: LF ( $mc^2$ ) як індикатор переважно симпатичного тону, HF ( $mc^2$ ), що показує парасимпатичну активність, загальну потужність спектра TP,  $mc^2$ . Розраховували потужність у діапазоні низьких (LFn, %) і високих частот (HFn, %), відношення середніх значень низькочастотного та високочастотного компонентів серцевого ритму (LF/HF, у. о.) [1].

Центральну гемодинаміку вивчали методом автоматизованої тетраполярної реографії за W. Kubicek et al. у модифікації Ю. Т. Пушкаря зі співавт. [9]. Розраховували ударний та хвилинний обсяги крові (УО, ХОК), ударний та серцевий індекси (УІ, СІ), загальний та питомий периферичний опір судин (ЗПОС, ППО). Відповідно до класифікації Р. Г. Оганова зі співавт. [7], до еукінетичного ТК відносили спортсменів, у яких ця величина перебувала в межах від  $2,750$  до  $3,500$  л/хв/м<sup>2</sup>; тих, які мають величину меншу ніж  $2,750$  л/хв/м<sup>2</sup>, відносили до гіпокінетичного ТК, а величину СІ більшу ніж  $3,500$  л/хв/м<sup>2</sup> – до гіперкінетичного ТК.

Визначення фізичної працездатності здійснювали за загальноприйнятою методикою на велоергометрі з використанням субмаксимального тесту PWC<sub>170</sub> і розрахунком відносної величини фізичної працездатності, тобто PWC<sub>170/кг</sub>. Індекс функціонального стану (ІФС) розраховували за формулою, запропонованою й запатентованою нами [10].

Результати статистично опрацьовані з використанням програми Statistica 6.0 for Windows із застосуванням параметричних методів. Нормальність розподілу вивчалась за Шапіро-Уїлком (W). Величини наведені у вигляді середнього значення  $M \pm m$ . Статистично значущими прийняті відмінності показників за величиною рівня

значущості  $p$ , що не перевищує  $0,05$ . Залежність між змінними оцінювали за допомогою коефіцієнта кореляції Пірсона для нормального розподілу.

### Результати та їх обговорення

У підготовчому періоді за спортивною кваліфікацією жінок-бігунів поділили так: майстри спорту міжнародного класу (МСМК) – 1, кандидати у майстри спорту (КМС) – 3, спортсменки I розряду – 7, II розряду – 8, III розряду – 3 особи.

Часові показники варіабельності серцевого ритму (ВСР) у підготовчому періоді демонструють дані, котрі свідчать про превалювання парасимпатичних впливів автономної нервової системи (АНС), що підтверджується насамперед величиною ІН ( $67,246 \pm 15,64$  у. о.). З боку центральної гемодинаміки показник СІ був у середньому  $3,126 \pm 0,10$  л/хв/м<sup>2</sup>, що відповідає еукінетичному ТК. Відсоткове співвідношення гіпо-, еу- і гіперкінетичного ТК мало вигляд:  $18,2\%:50,0\%:31,8\%$  відповідно, що підтверджує превалювання в жінок-бігунів еукінетичного ТК.

Величина фізичної працездатності в цьому періоді в середньому становила  $17,11 \pm 0,73$  кгм/хв/кг. Середня величина ІФС –  $7,048 \pm 0,34$  відн. од., що, згідно з нашою класифікацією [10], відповідало оцінці «нижча за середню». Індивідуальний аналіз ІФС показує: в підготовчому періоді у 5 спортсменок ( $22,7\%$ ) була «нижча» оцінка, у 11 ( $50\%$ ) – «нижча за середню», «середня» у 5 ( $22,7\%$ ) і в однієї спортсменки ( $4,6\%$ ) оцінка – «вища за середню».

У змагальному періоді під впливом тренувальних навантажень відбулися зміни з боку фізичних і технічних кондицій, що дало змогу деяким спортсменкам поліпшити свої кваліфікаційні результати. Співвідношення за кваліфікацією змінилось так: одна спортсменка рівня КМС виконала норматив МС України, дві спортсменки I розряду стали КМС, дві спортсменки II розряду виконали норматив I розряду і три спортсменки, які мають кваліфікацію III розряду, стали спортсменками II розряду. Отже, співвідношення за кваліфікацією: МСМК – 1, МС – 1, КМС – 4, I розряд – 7, II розряд – 9.

З боку ВСР відбулось вірогідне збільшення показника  $M_0$ , що вказує на домінуючий рівень функціонування синусового вузла з  $0,839 \pm 0,03$  до  $0,911 \pm 0,03$  с ( $p < 0,05$ ). Крім того, відзначена тенденція до зниження індексу вегетативної рівноваги з  $97,500 \pm 17,93$  до  $93,177 \pm 12,47\%/c$  ( $p > 0,05$ ), ВПР – з  $3,509 \pm 0,52$  до  $3,044 \pm 0,29$   $1/c^2$  ( $p > 0,05$ ), ПАПР – з  $43,348 \pm 4,45$  до  $37,291 \pm 2,79\%/c$  ( $p > 0,05$ ), ІН – з  $67,246 \pm 15,64$  до  $54,333 \pm 7,71$  у. о. ( $p > 0,05$ ). Незважаючи на те, що зниження відзначених показників мало невірогідний характер, тенденція свідчить про деяке посилення парасимпатичних впливів АНС спортсменок у змагальному періоді. Спостерігалось збільшення загальної потужності спектра (TP) із  $2025,2 \pm 346,05$  до  $3104,0 \pm 812,36$   $mc^2$ , але різниця не досягла межі статистичної вірогідності ( $p > 0,05$ ).

З боку центральної гемодинаміки відбулось вірогідне зменшення ЧСС із  $64,4 \pm 2,40$  до  $56,9 \pm 1,83$  уд./хв ( $p < 0,05$ ), СІ – з  $3,126 \pm 0,10$  до  $2,580 \pm 0,08$  л/хв/м<sup>2</sup> ( $p < 0,01$ ), при цьому відбулася трансформація еукінетичного ТК,

котрий був у підготовчому періоді, в гіпокінетичний ТК. Відсоткове співвідношення у змагальному періоді засвідчило превалювання гіпокінетичного ТК відповідно до гіпо-, еу- і гіперкінетичного ТК: 68,2%:31,8%:0%, що підтвердило середні величини СІ, при цьому у групі, крім того, були відсутні спортсменки з гіперкінетичним ТК. У цьому періоді відбулося зменшення УІ з  $49,11 \pm 0,97$  до  $45,34 \pm 1,16$  мл/м<sup>2</sup> ( $p < 0,05$ ), збільшення ЗПОС з  $1313,8 \pm 61,15$  до  $1582,0 \pm 60,43$  дн·с·см<sup>-5</sup> ( $p < 0,05$ ) та питомого периферичного опору судин з  $26,06 \pm 1,31$  до  $31,58 \pm 1,30$  у. о. ( $p < 0,05$ ).

У змагальному періоді вірогідно збільшилася фізична працездатність у середньому на  $15,25\%$  – з  $17,11 \pm 0,73$  до  $19,72 \pm 0,74$  кгм/хв/кг ( $p < 0,05$ ) та ІФС на  $12,98\%$  з  $7,048 \pm 0,34$  до  $7,963 \pm 0,33$  відн. од. ( $p < 0,05$ ), що відповідає оцінці «нижча за середню». Індивідуальне оцінювання функціонального стану зафіксувало сприятливі зрушення, що свідчать про зменшення з 5 до 3 (13,6%) спортсменок із «низькою» оцінкою, збільшення з 5 до 11 (50%) – зі «середньою» внаслідок зменшення с 11 до 7 (31,8%) спортсменок з оцінкою «нижча за середню», і одна (4,6%) залишилася з оцінкою «вища за середню».

Здійснили кореляційний аналіз між досліджуваними показниками. Так, у підготовчому періоді виявлений вірогідний негативний взаємозв'язок між  $PWC_{170/кг}$  і СІ ( $r = -0,44$ ,  $p < 0,05$ ), ІФС і СІ ( $r = -0,64$ ,  $p < 0,05$ ), а також позитивний взаємозв'язок між показниками ІН і СІ ( $r = 0,49$ ,  $p < 0,05$ ). У змагальному періоді кореляційний аналіз показав наявність негативного взаємозв'язку між  $PWC_{170/кг}$  і СІ ( $r = -0,35$ ,  $p < 0,05$ ), ІФС і СІ ( $r = -0,42$ ,  $p < 0,05$ ),  $PWC_{170/кг}$  та ІН ( $r = -0,31$ ,  $p < 0,05$ ), ІФС та ІН ( $r = -0,39$ ,  $p < 0,05$ ). Тобто у спортсменок, як і в підготовчому періоді, простежується збільшення фізичної працездатності та ІФС, котрі асоціюються зі зменшенням СІ (гіпокінетичний ТК) й ІН (гіперпарасимпатикотонія).

З метою більш детального аналізу змін показників у річному циклі тренувального процесу від підготовчого до змагального періоду виділили групи спортсменок, які розрізняються за спортивною кваліфікацією. У першу групу ввійшли спортсменки високого класу (МСМК, КМС, I розряд,  $n=12$ ), у другу – спортсменки II–III розрядів ( $n=10$ ).

Середній вік жінок-бігунів високого класу становив  $18,4 \pm 0,96$  року, стаж занять бігом –  $5,8 \pm 1,05$  року, довжина і маса тіла відповідно –  $169,6 \pm 1,12$  см і  $54,3 \pm 1,35$  кг. Часові показники ВСП у легкоатлеток у підготовчому періоді демонстрували деяке посилення парасимпатичних впливів АНС, що проявилось відповідними середніми величинами  $M_0$ , ВПР та ІН. У змагальному періоді відбулися зміни внаслідок тенденції до збільшення показника  $M_0$  з  $0,817 \pm 0,05$  до  $0,871 \pm 0,03$  с ( $p > 0,05$ ), а також тенденції до зменшення  $A_{M_0/D}$  зі  $112,782 \pm 29,43$  до  $106,242 \pm 20,76\%/с$  ( $p > 0,05$ ), ВПР – з  $3,768 \pm 0,81$  до  $3,248 \pm 0,40$  1/с<sup>2</sup> ( $p > 0,05$ ), ПАПР – з  $49,376 \pm 6,43$  до  $41,688 \pm 4,37\%/с$  ( $p > 0,05$ ) та ІН – з  $79,858 \pm 25,52$  до  $64,015 \pm 12,25$  у. о. ( $p > 0,05$ ). З боку частотних показників виявлена тенденція до зменшення симпато-вагального

індексу з  $1,15 \pm 0,26$  до  $0,90 \pm 0,16$  у. о. ( $p > 0,05$ ). Незважаючи на те, що ці зміни мали характер тенденцій, їх вектор вказує на підсилення парасимпатичних впливів АНС у спортсменок у змагальному періоді.

З боку центральної гемодинаміки відбулося вірогідне зниження ЧСС із  $65,3 \pm 3,57$  до  $57,2 \pm 2,46$  уд./хв ( $p < 0,05$ ), а також середньої величини СІ з  $3,091 \pm 0,16$  до  $2,557 \pm 0,11$  л/хв/м<sup>2</sup> ( $p < 0,05$ ), і якщо в підготовчому періоді СІ відповідав еукінетичному ТК, то в змагальному – гіпокінетичному. Відсоткове співвідношення гіпо-, еу- і гіперкінетичного ТК у підготовчому періоді мало вигляд: 25,0%:41,7%:33,3%, а в змагальному – 75%:25%:0% відповідно. Тобто дані підтверджують середні величини СІ, що свідчать про превалювання еукінетичного ТК у підготовчому періоді й гіпокінетичного у змагальному, при цьому в змагальному періоді були відсутні спортсменки з гіперкінетичним ТК. З боку інших показників центральної гемодинаміки зміни мали невірогідний характер.

У змагальному періоді відбулося вірогідне збільшення фізичної працездатності в середньому на  $12,33\%$  – з  $18,17 \pm 0,89$  до  $20,41 \pm 1,0$  кгм/хв/кг ( $p < 0,05$ ). Незважаючи на те, що була виявлена тенденція до збільшення ІФС на  $9,46\%$  – з  $7,506 \pm 0,46$  до  $8,216 \pm 0,38$  відн. од. ( $p > 0,05$ ), загальна оцінка функціонального стану спортсменок, згідно з нашою класифікацією, підвищилася з «нижчої за середню» до «середньої».

Індивідуальний аналіз функціонального стану показав, що у спортсменок високого класу в підготовчому періоді було дві особи (16,7%) з «низькою» оцінкою, 6 (50%) – з «нижчою за середню», 3 (25%) – з «середньою» і одна (8,3%) – з «вищою за середню» оцінкою. У змагальному періоді відбулися сприятливі зрушення в оцінках, при котрих одна легкоатлетка (8,3%) залишилася з «низькою» оцінкою, у 4 спортсменок (33,4%) оцінка «нижча за середню», у 6 (50%) – «середня» і в одній (8,3%) «вища за середню» оцінка. Тобто в змагальному періоді удвічі збільшилася кількість спортсменок із «середньою» оцінкою і зменшилася їхня кількість із «низькою» та «нижчою за середню».

Кореляційний аналіз, що здійснений між інтегральними показниками варіабельності серцевого ритму, центральної гемодинаміки та фізичної працездатності у спортсменок високого класу показав, що в підготовчому періоді виявлений негативний взаємозв'язок між ІФС і СІ ( $r = -0,67$ ,  $p < 0,05$ ) і позитивний між СІ і ІН ( $r = 0,48$ ,  $p < 0,05$ ). У змагальному періоді відбулося збільшення зв'язків, при цьому виявлено негативний взаємозв'язок між величиною  $PWC_{170/кг}$  і СІ ( $r = -0,30$ ,  $p < 0,05$ ), ІФС і СІ ( $r = -0,43$ ,  $p < 0,05$ ),  $PWC_{170/кг}$  та ІН ( $r = -0,43$ ,  $p < 0,05$ ), а також між ІФС та ІН ( $r = -0,62$ ,  $p < 0,05$ ). Отже, якщо в підготовчому періоді тренувального процесу підвищення індексу функціонального стану супроводжується зниженням серцевого індексу, то в змагальному періоді, крім цього, підвищення фізичної працездатності супроводжується зниженням індексу напруги спортсменок.

Аналогічний аналіз, що здійснений у спортсменок II–III розрядів, показав: середній вік спортсменок –

14,9±0,46 року, стаж занять бігом – 2,7±0,42 року, довжина й маса тіла відповідно 165,9±1,26 і 50,3±1,14 кг. У змагальному періоді в порівнянні з підготовчим відбулися деякі зміни з боку ВСР. Це насамперед тенденція до збільшення показника Мо з 0,865±0,04 до 0,960±0,06 с ( $p>0,05$ ), а також тенденція до зниження ВПР з 3,198±0,66 до 2,799±0,43  $1/c^2$  ( $p>0,05$ ), ПАПР – з 36,114±5,52 до 32,039±2,50%/с ( $p>0,05$ ) та ІН – з 52,110±15,93 до 42,716±7,56 у. о. ( $p>0,05$ ).

Незважаючи на те, що зрушення мали невірогідний характер, наявне посилення парасимпатичних впливів АНС. З боку частотних показників відбулося вірогідне збільшення показника загальної спектральної потужності з 1826,2±342,24 до 4208,8±1390,0 ( $p<0,05$ ), що свідчить не лише про превалювання парасимпатичної ланки АНС, а й про підвищення тренуваності спортсменок.

З боку центральної гемодинаміки в змагальному періоді виявлена тенденція до зниження середньої величини ЧСС з 63,2±3,27 до 56,6±2,88 уд./хв ( $p>0,05$ ), а також вірогідне зниження УІ з 50,42±1,35 до 46,17±1,79  $мл/м^2$  ( $p<0,05$ ) і СІ з 3,169±0,13 до 2,608±0,13  $л/хв/м^2$  ( $p<0,05$ ). Варто зауважити, що в підготовчому періоді у жінок-бігунів середня величина СІ відповідала еукінетичному ТК, а в змагальному – гіпокінетичному ТК. Відсоткове співвідношення гіпо-, еу- і гіперкінетичного ТК у підготовчому періоді мало вигляд: 10%:60%:30%, а в змагальному – 60%:40%:0% відповідно, отже підтвердило середні величини СІ, які свідчать про превалювання гіпокінетичного ТК й відсутність спортсменок з гіперкінетичним ТК у змагальному періоді.

У спортсменок II–III розрядів відбулося вірогідне збільшення показника  $PWC_{170/кг}$  на 19,26% – з 15,84±1,12 до 18,89±1,09  $кгм/хв/кг$  ( $p<0,05$ ), і ІФС на 17,87% – з 6,498±0,49 до 7,659±0,56 відн. од. ( $p<0,05$ ). Незважаючи на вірогідне збільшення ІФС, ця величина відповідала оцінці «нижча за середню» в обох періодах. Індивідуальний аналіз функціонального стану показав: у підготовчому періоді «нижча» оцінка була у 4 (40%) спортсменок, «нижча за середню» – у 4 (40%) і «середня» – у 2 (20%). У змагальному періоді відбулися сприятливі зміни, завдяки котрим у 2 (20%) спортсменок залишилася «нижча» оцінка, оцінка «нижча за середню» – у 3 (30%) і збільшилося число спортсменок до 5 (50%) із «середньою» оцінкою.

Кореляційний аналіз, що здійснений у спортсменок II–III розрядів у підготовчому періоді, показав негативний взаємозв'язок між  $PWC_{170/кг}$  і СІ ( $r=-0,66$ ,  $p<0,05$ ), ІФС і СІ ( $r=-0,62$ ,  $p<0,05$ ), а також позитивний між СІ та ІН ( $r=0,63$ ,  $p<0,05$ ). У змагальному періоді визначається тільки негативний взаємозв'язок між  $PWC_{170/кг}$  і СІ ( $r=-0,39$ ,  $p<0,05$ ), ІФС і СІ ( $r=-0,62$ ,  $p<0,05$ ),  $PWC_{170/кг}$  і ІН ( $r=-0,39$ ,  $p<0,05$ ) та ІФС і ІН ( $r=-0,36$ ,  $p<0,05$ ).

### Список літератури

1. Анализ variability ритма сердца в клинической практике / О.В. Коркушко, А.В. Писарчук, В.Б. Шатило и др. – К., 2012. – 192 с.

Отже, кореляційний аналіз, котрий здійснений у жінок-бігунів високого класу та кваліфікації II–III розрядів, переконливо засвідчив наявність залежності: збільшення фізичної працездатності та функціонального стану в підготовчому періоді тренувального процесу супроводжується вірогідним зниженням серцевого індексу до величин, що відповідають гіпокінетичному ТК. У змагальному періоді підсилюється аналогічний взаємозв'язок, при цьому ще додатково зменшується ІН до величин, що свідчать про переважання парасимпатичної ланки АНС.

### Висновки

1. У легкоатлеток на дистанції 400 метрів у змагальному періоді в порівнянні з підготовчим періодом відбулися сприятливі зміни з боку фізичної працездатності, функціонального стану та технічних результатів, що дало змогу деяким з них підвищити свою спортивну кваліфікацію.

2. У змагальному періоді у групі жінок-бігунів на 400 метрів ( $n=22$ ) відбулося деяке посилення парасимпатичної ланки АНС, трансформація еукінетичного ТК у гіпокінетичний ТК й відсутність спортсменок із гіперкінетичним ТК, вірогідне збільшення фізичної працездатності на 15,25% і ІФС на 12,98%, а також кількості спортсменок із «середньою» оцінкою функціонального стану внаслідок зниження їх числа з «нижчою» і «нижчою за середню» оцінкою.

3. У спортсменок високого класу у змагальному періоді відбулося посилення парасимпатичних впливів АНС, трансформація еукінетичного ТК у гіпокінетичний і відсутність спортсменок із гіперкінетичним ТК, вірогідне збільшення  $PWC_{170/кг}$  на 12,33%.

4. У спортсменок кваліфікації II–III розрядів у змагальному періоді відбулося посилення парасимпатичної ланки АНС, трансформація еукінетичного ТК у гіпокінетичний ТК і відсутність спортсменок із гіперкінетичним ТК, вірогідне збільшення  $PWC_{170/кг}$  на 19,26% і ІФС на 17,87%.

5. Кореляційний аналіз між інтегральними показниками ВСР, центральної гемодинаміки, фізичної працездатності і ІФС продемонстрував взаємозв'язок, котрий свідчить про те, що збільшення фізичної працездатності та функціонального стану в жінок-бігунів на дистанції 400 м асоціюється зі зниженням величини СІ до цифр, що характерні для гіпокінетичного ТК, і величини ІН, котра відповідає превалюванню парасимпатичних впливів АНС.

**Перспективи подальших досліджень** полягають у вивченні впливу тренувальних навантажень у річному циклі тренувального процесу на показники варіабельності ритму серця, центральної гемодинаміки та фізичної працездатності у представників інших видів легкої атлетики (біг на середні та довгі дистанції, стрибки, метання).

**Конфлікт інтересів:** відсутній.

2. Белоцерковский З.Б. Эргометрические и кардиологические критерии физической работоспособности у спортсменов / З.Б. Белоцерковский. – М. : Советский спорт, 2005. – 312 с.

3. Биохимия мышечной деятельности / Н.И. Волков, Э.Н. Несен, А.А. Осипенко, С.Н. Корсун. – К. : Олимпийская литература, 2000. – С. 326–328.
4. Карпман В.Л. Функциональная диагностика в спортивной медицине / В.Л. Карпман // Клиническая медицина. – 1980. – №6. – С. 3–7.
5. Лисенко О.М. Фізична працездатність та особливості реакції кардіореспіраторної системи при аеробних фізичних навантаженнях у спортсменів високого класу / О.М. Лисенко // Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. – Вип. 112. – Т. 1: Серія: Педагогічні науки. Фізичне виховання та спорт. – Чернігів, 2013. – С. 189–193.
6. Лысенко Е. Особенности реализации максимальных аэробных возможностей квалифицированных спортсменов, специализирующихся в беге на различные дистанции / Е. Лысенко // Наука в олимпийском спорте. – 2000. – №2. – С. 89–94.
7. Михалюк Е.Л. Диагностика пограничных и патологических состояний прирельных физических нагрузках в олимпийском и профессиональном спорте : дис. на соискание ученой степени д.мед.н. : 14.01.24 / Е.Л. Михалюк. – Днепропетровск : [Б.в.], 2007. – 430 с.
8. Михалюк Є.Л. Особливості наукових досліджень у спортивній медицині на сучасному етапі / Є.Л. Михалюк // Запорізький медичний журнал. – 2015. – №5(92). – С. 82–84.
9. Михалюк Е.Л. Ритм сердца, центральная гемодинамика и физическая работоспособность у спортсменов обоего пола под воздействием многолетних тренировочных нагрузок / Е.Л. Михалюк, Т.С. Соболева // Лечебная физкультура и спортивная медицина. – 2015. – №2(128). – С. 21–24.
10. Патент на корисну модель №36013 «Спосіб оцінки функціонального стану організму осіб, що займаються фізичною культурою та спортом» / МПК(2006) А61В5/00 / Є.Л.Михалюк, В.В. Сиволап, І.В. Ткаліч. 10.10.2008 // Бюлетень. – №19.
11. Рыбальченко Т.П. Совершенствование специальной физической и технической подготовки квалифицированных бегунов на средние дистанции и их влияние на соревновательный результат / Т.П. Рыбальченко // Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. – Вип. 112. – Т. 1: Серія: Педагогічні науки. Фізичне виховання та спорт. – Чернігів, 2013. – С. 207–209.
12. Фізична реабілітація, спортивна медицина: підручник для студентів вищих медичних навчальних закладів / В.В. Абрамов, В.В. Клапчук, О.Б. Неханевич та ін. – Дніпропетровськ : Журфонд, 2014. – 456 с.
3. Volkov, N. I., Nesen, E. N., Osipenko, A. A., & Korsun, S. N. (2000) *Biokhimiya myshechnoy deyatel'nosti* [Biochemistry of muscle activity]. Kyiv: Olimpijskaya literature. [in Ukrainian].
4. Karpman, V. L. (1980). Funktsional'naya diagnostika v sportivnoy medicine [Functional diagnostics in sports medicine]. *Klinicheskaya medicina*, 6, 3–7. [in Russian].
5. Lysenko, A. M. (2013). Fizychna pratsezdatsnist ta osoblyvosti reaktzii kardiorespiratornoi systemy pry aerobnykh fizychnykh navantazhenniakh u sportsmeniv vysokoho klasu [Physical performance and features of cardiorespiratory system responses during aerobic exercise in high-class athletes]. *Visnyk Chernihivskoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu*, 112(1), 189–193. [in Ukrainian].
6. Lysenko, E. (2000). Osobennosti realizacii maksimal'nykh ae'robnykh vozmozhnostej kvalificirovannykh sportsmenov, specializiruyuschikhsya v bege na razlichnye distancii [Features of the maximal aerobic capacity of the qualified athletes specializing in running at various distances]. *Nauka v olimpijskom sporте*, 2, 89–94. [in Russian].
7. Mikhalyuk, E. L. (2007) *Diagnostika pogranichnykh i patologicheskikh sostoyanij priprede'nykh fizicheskikh nagruzkakh v olimpijskom i professional'nom sporте* (Dis... dokt. med. nauk). [Diagnosis of border and pathological conditions with extreme physical exertion in the Olympic and professional sports Dr. med. sci. diss.] Dnepropetrovsk. [in Ukrainian].
8. Mykhaliuk, E. L. (2015). Osoblyvosti naukovykh doslidzhen u sportyvni medytsyni na suchasnomu etapi [Features of research in sports medicine at the present stage]. *Zaporozhskij medicinskij zhurnal*, 5(92), 82–84. [in Ukrainian]. doi: 10.14739/2310-1210.2015.5.53821.
9. Mikhalyuk, E. L., & Soboleva, T. S. (2015). [Heart rhythm, central hemodynamics and physical working capacity in athletes of both genders under the influence of long-term training loads]. *Lechebnaya fizkul'tura i sportivnaya medicina*, 2(128), 21–24. [in Russian].
10. Mykhaliuk, Ye. L., Syvolap, V. V., & Tkalic, I. V. (patentee) (2008) Patent na korysnu model №36013, MPK (2006) A61V5/00. Sposib otsinky funktsionalnoho stanu orhanizmu osib, shcho zaimaiutsia fizychnoiu kulturoiu ta sportom [The patent for utility model №36013, IPC (2006) A61V5/00. The way to assess the functional state of those engaged in physical culture and sport]. *Bulleten*, 19. [in Ukrainian].
11. Rybal'chenko, T. P. (2013). Sovershenstvovanie special'noj fizicheskoy i tekhnicheskoy podgotovki kvalificirovannykh begunov na srednie distancii i ikh vliyanie na sorevnovatel'nyj rezul'tat [Improving special physical and technical training of qualified middle distance runners and their impact on competition results]. *Visnyk Chernihivskoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu*, 112(1), 207–209. [in Ukrainian].
12. Abramov, V. V., Klapchuk, V. V., Nekhanevych, O. B., et al. (2014) *Fizychna rehabilitatsiia, sportyvna medytsyna: pidruchnyk dlia studentiv vyshchyykh medychnykh navchalnykh zakladiv* [Physical rehabilitation, sports medicine: textbook for students in higher education]. Dnipropetrovsk: Zhurfond. [in Ukrainian].

#### Відомості про авторів:

Михалюк Є. Л., д-р мед. наук, професор, зав. каф. фізичної реабілітації, спортивної медицини, фізичного виховання і здоров'я, Запорізький державний медичний університет, E-mail: evg.mikhalyuk@gmail.com.

Діденко М. В., зав. відділення спортивної медицини, Донецький лікарсько-фізкультурний диспансер.

Малахова С. М., канд. мед. наук., доцент каф. фізичної реабілітації, спортивної медицини, фізичного виховання і здоров'я, Запорізький державний медичний університет.

**Сведения об авторах:**

Михалюк Е. Л., д-р мед. наук, профессор, зав. каф. физической реабилитации, спортивной медицины, физического воспитания и здоровья, Запорожский государственный медицинский университет, E-mail: evg.mikhalyuk@gmail.com.

Діденко М. В., зав. отделением спортивной медицины, Донецкий врачебно-физкультурный диспансер.

Малахова С. Н., канд. мед. наук., доцент каф. физической реабилитации, спортивной медицины, физического воспитания и здоровья, Запорожский государственный медицинский университет.

**Information about authors:**

Mikhalyuk Ye. L., MD, PhD, DSci, Professor, Head of the Department of Physical Rehabilitation, Sports Medicine, Physical Training and Health, Zaporizhzhia State Medical University, E-mail: evg.mikhalyuk@gmail.com.

Didenko M. V., Head of the Department of Sports Medicine, Donetsk Medical-Sports Clinic.

Malakhova S. N., MD, PhD, Associate Professor of the Department of Physical Rehabilitation, Sports Medicine, Physical Training and Health, Zaporizhzhia State Medical University.

---

Надійшла в редакцію 10.03.2016 р.